2

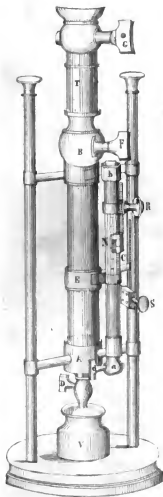
NUOVO IGROMETRO

MEMORIA

DEL PROFESSORE

G. ALESSANDRO MAJOCCHI

ESTRATTA DAGLI *ANNALI DI FISICA, CHIMICA*, ECC.
DI GENNAJO 1841.

Igrometro di Majocchi

Allorquando si tenne a Pisa nell'ottobre dell'anno 1839 la prima *Riunione degli Scienziati italiani*, io lessi alla Sezione di fisica, chimica e matematica una *Memoria* sopra un nuovo apparecchio diretto a determinare l'umidità dell'aria. Ma non avendomi l'artefice terminato a quell'epoca la costruzione dello strumento, non ho potuto che presentarne il disegno e limitarmi, per così dire, ad un progetto, all'intento di accogliere dalle osservazioni e dalle discussioni ch'esso poteva promovere, quei suggerimenti diretti a migliorarlo. Nè io m'ingannai: ed alcuni de' miei colleghi colà intervenuti non mancarono di farmi notare essere suscettibile di qualche perfezionamento, affine di meglio adempiere all'uso cui è destinato. Io approfittai delle loro osservazioni, ed ora presento qui la descrizione e la teorica del nuovo strumento, riserbandomi in altro scritto di far conoscere alcune osservazioni ed esperienze di confronto con altro igrometro.

L'umidità dell'aria distinguesi in *assoluta*, ed *apparente* o *relativa*. L'*umidità assoluta* esprime la quantità totale dei vapori acquei sparsi in un determinato spazio atmosferico, vale a dire l'elasticità e il peso dei medesimi, p. e., in un metro cubico; mentre per *umidità relativa* s'intende la quantità di vapori che per una data temperatura l'aria può assorbire avanti di giungere alla saturazione; oppure lo stato dei vapori preesistenti nello spazio atmosferico in riguardo al calore da cui sono prodotti, e pel quale si trovano in situazione d'essere più o

meno vicini alla liquefazione. E ognuno conosce che uno spazio atmosferico ad una certa temperatura può avere un' umidità assoluta maggiore di altro spazio eguale, a temperatura meno elevata, ed essere d'altronde dotato di umidità apparente minore. Dunque lo scopo per cui s'osserva l'igrometro è duplice.

Fra gl'igrometri che oggidì si conoscono importa di distinguere quelli che danno immediatamente il valore della forza elastica del vapor acqueo, dagli altri che non la possano dare che per mezzo di deduzioni più o meno incerte. I primi si comprendono sotto la denominazione d'*igrometri a condensazione* o ad appannamento, ed i secondi d'*igrometri ad assorbimento.* E infatti la prima specie di quegli strumenti è fondata sul ricondensamento del vapore acqueo ad una data temperatura, mentre la seconda si appoggia sulla proprietà, di cui sono fornite alcune sostanze, di assorbire il vapore stesso ed esserne alterate nelle loro dimensioni. Alla categoria di quelli a condensazione appartengono l'*igrometro di Daniell*, il *psicrometro d'August*, l'*igroscopio degli Accademici del Cimento* e qualche altro dipendente dallo stesso principio; sono invece ad assorbimento gl'*igrometri di Leonardo da Vinci*, di *Saussure*, di *De-Luc*, di *Chiminello* ed altri consimili. Questi ultimi, a malgrado degli sforzi fatti per renderli strumenti esatti e comparabili fra loro nelle indicazioni, e a malgrado degli studj e dei suggerimenti dati, per quello di Saussure, da Gay-Lussac, riescono incerti nelle loro indicazioni e non soddisfano ai bisogni della scienza. Imperciocchè avendo essi per corpo igroscopico delle sostanze che si alterano col tempo, e sono soggette all'influenza di altri agenti, non somministrano che risultati inesatti o per lo meno incerti; non potendosi valutare tutte le cause da cui nei diversi tempi sono alterate per farvi le convenienti correzioni.

I fisici impertanto per avere dei risultamenti e-

satti intorno ai vapori acquei, hanno dovuto ricorrere agli igrometri a condensazione e principalmente a quello di Daniell, che viene riputato il più acconcio per tali indagini. Negli igrometri a condensazione bisogna far uso di un mezzo frigorifero, onde ottenere l'appannamento o il così detto *punto di rugiada*, vale a dire il grado di temperatura cui il vapore incomincia a liquefarsi. E nell'igrometro di Daniell, si promuove il raffreddamento coll'evaporazione dell'etere applicato esternamente allo strumento, per cui viene ad evaporare e successivamente a liquefarsi altro etere rinchiuso nella capacità di vetro del medesimo. Il perchè riesce esso dispendioso nel suo uso, dovendosi in ogni sperienza avere a disposizione nuovo etere per produrre coll'evaporazione il raffreddamento esterno. Talchè, se abbiasi ad esplorare lo stato d'umidità dell'atmosfera in parecchie ore del giorno, bisogna consumare molto di quel liquido e provvedersene per esperimentare nei giorni successivi con non poco dispendio, quando trattasi di osservazioni quotidiane fatte unitamente al termometro per servizio della metereología. Osservasi inoltre che operando coll'igrometro di Daniell, quando l'aria è molto secca, bisogna attendere qualche tempo avanti che si depositi il vapore, e può accadere ben anche che il raffreddamento non sia bastante a produrre quella deposizione. Importa talvolta d'istitnire parecchie osservazioni in un breve intervallo di tempo, p. e., quando vi ha della nebbia; ed allora l'igrometro di Daniell potrebbe essere insufficiente, dovendo trascorrere sempre parecchi minuti avanti che riprenda la temperatura dell'aria. D'altronde Dalton assicura che, nella determinazione del punto di rugiada, i vapori incominciano a depositarsi allorquando la temperatura è di qualche mezzo grado centesimale al disotto della vera; per cui da questo lato gli igrometri a condensazione presenteranno sempre qualche incertezza nei risultamenti. Bohnenberger ha

fatto a questo strumento alcune modificazioni, e il professor Belli ha sostituito all'etere una mescolanza frigorifera di ghiaccio e sale, e alla bolla di vetro una canna di ferro.

Sino al presente ben poche osservazioni si sono fatte coll' igrometro di Daniell, e nelle specule meteorologiche si usa oggidì piuttosto il *psicrometro d'August*. Questo strumento consiste in due termometri assai sensibili, uno dei quali ha il bulbo involto in un pannolino, che si inumidisce d' acqua per farlo raffreddare coll' evaporazione. Notando la differenza che passa fra la temperatura indicata da questo termometro e quella dell' altro, unitamente all'altezza del barometro, si hanno i dati per trovare la quantità dei vapori sparsi nell' atmosfera. Col psicrometro si istituiscono attualmente delle osservazioni in tutta la Russia: tuttavolta Kupffer, che dirige quelle osservazioni, dice: « Io debbo però confessare che le osservazioni psicrometriche eseguite secondo il metodo di August (quantunque sia il migliore che si conosca) mi sembra che non possano condurre ad una grande esattezza, specialmente nell' inverno; ed ho veduto parecchie volte, in questa stagione, il termometro col bulbo involto nel pannolino indicare una temperatura più elevata del termometro libero » (1).

Lo strumento ch' io presento parmi che possa soddisfare allo scopo di valutare l'umidità dell'aria senza andare incontro agli inconvenienti notati; ed altronde, essendo esso fondato su d' un principio differente di quello da cui dipendono tutti gli altri igrometri, si potrà in ogni caso giungere col medesimo a verificare i risultati che si ottenessero con alcuno di questi ultimi. Onde ben comprendere il principio da cui dipende il nuovo igrometro, giova l'osservare che i valori della tensione massima del va-

(1) *Observations météorologiques et magnetiques faites dans l'étendue de l'Empire de Russie, redigées et publiées par Kupffer.* Pietroburgo, 1837, fascicolo I, pag. 7.

pore acqueo nel vôto, servono a farci conoscere quella dei vapori mescolati coll' aria, sapendosi che questa non influisce sulla formazione dei medesimi: non essendovi altra differenza fra i vapori nell'aria e nel vôto se non nella rapidità con cui succede l'evaporazione, la quale avviene quasi istantaneamente nel vôto, e con lentezza nell'aria, per l'ostacolo meccanico che questa oppone in virtù della sua inerzia alla diffusione dei vapori. Il calore soltanto, come ognuno sa, è la causa che determina la quantità di vapori in uno spazio, sia o no pieno d'aria.

La tensione massima dei vapori acquei nel vôto per ogni grado del termometro centesimale si determina con una formula fondata sull'esperienza. Dalle tavole, che sono state redatte in proposito, si conosce tosto la tensione massima corrispondente ad ogni temperatura, e viceversa. Cogli igrometri a condensazione, come quello di Daniell, si determina la temperatura alla quale il vapore acqueo diffuso nell'aria incomincia a liquefarsi; e con un tal grado di calore si trova nella tavola annunziata la tensione massima corrispondente espressa in millimetri di colonne di mercurio, da cui si deduce la tensione di quel vapore alla temperatura cui realmente si trova avere, e quindi lo stato d'umidità assoluta e relativa dell'aria in cui è sparso. Col nuovo apparato igrometrico *si determina* invece *la tensione del vapore mancante per diventare massima l'attuale, a quella temperatura cui si trova l'aria, e da una tale cognizione si ricava la tensione del vapore preesistente nell'aria all'atto dell'esperienza. In altri termini, lo strumento è diretto a determinare il complemento della tensione del vapore preesistente nell'aria per divenire massima.* Appunto per questo io lo chiamerò *igrometro a tensione.*

L'*igrometro a tensione* vedesi rappresentato nella fig. 1, ed è composto essenzialmente di due tubi

di cristallo *AB*, *ab* di diverso diametro, muniti inferiormente di viere e chiavi di ferro, e in comunicazione fra loro mediante un canaletto *Aa* dello stesso metallo (1). Il tubo maggiore *AB* è fornito nella parte superiore d'una viera d'ottone con chiave, su cui vi è applicato un tubo *T* dello stesso metallo pure con chiave. Un sistema di due anelli d'ottone, che rispettivamente circondano i due tubi di vetro *Ab*, *ab*, è portato da un braccio *C* attaccato ad un congegno mobile mediante il rocchetto *S* in una delle colonnette, che sostengono tutto l'apparecchio. Al detto sistema vi è congiunto una laminetta divisa in millimetri ed un nonio *N*, che si fa scorrere lungo la medesima per mezzo del rocchetto *R*. Le altre parti dello strumento si scorgono facilmente dall'ispezione della figura.

Volendo esaminare con questo igrometro lo stato d'umidità dell'aria d'un dato luogo, se ne empisce il maggiore tubo *AB*; al quale fine bisogna espellere primieramente quella che naturalmente in esso contiensi. Si leva pertanto il tubo d'ottone *T* e si apre la chiave *F*, versando nella capacità *AB* il mercurio tenuto riposto per l'osservazione nella boccetta *V*, che ne contiene in tale quantità da empirla interamente di quel liquido. Dopo questo si trasporta l'apparecchio nel luogo di cui si vuole esplorare l'umidità dell'aria, e si aprono le chiavi *d*, *D*. Il mercurio si mette nei due tubi *AB*, *ab* allo stesso livello, e cade pel suo peso nella boccetta *V*, che si è ancora posta al dissotto della viera del maggiore tubo *AB*. Mentre il mercurio cade nel sottoposto vaso *V*, l'aria del luogo entra pel foro della chiave *F* applicata alla viera *B*. Si chiude la chiave *D* per arrestare l'ulteriore sortita del mercurio, quando questo liquido è disceso nei due

( ) L'igrometro che ho fatto costruire ha il maggiore tubo di millimetri 15 di diametro interno, e il minore di 5. La lunghezza del tubo maggiore è di 88 millim., e le altre parti dello strumento in proporzione.

tubi AB, ab ad un livello poco superiore alle viere A, a. Si mette di nuovo al suo posto il tubo d'ottone T, e si chiude anche la chiave F; con che l'aria da sottoporsi all'osservazione rimane isolata nella capacità AB. Facendo girare il rocchetto S, si abbassi il sistema dei due anelli in modo che il loro lembo inferiore venga a collimare col livello del mercurio nel tubo rispettivo. Nel tubo d'ottone T si sono introdotte alcune goccie d'acqua, che vi stanno rinchiuse per mezzo della chiave G. Disposto in tal maniera l'apparecchio si apre la chiave F, ed allora porzione dell'acqua pel suo peso cade nella capacità AB sulla superficie del mercurio, che ne occupa il fondo. Chiusa quella chiave, l'acqua passa in vapore e satura l'aria contenuta in quella capacità, aumentandone la tensione. Il mercurio con ciò viene spinto nel piccolo tubo ab, e in esso s'innalza sopra il livello di quello contenuto in AB. L'elevazione del mercurio giunge ben presto al suo massimo, il che si riconosce dall'osservare che rimane stazionario a malgrado che si trovi ancora qualche velo d'acqua nel maggior tubo. Allora si fa scorrere il nonio N mediante il rocchetto R, finchè il suo lembo inferiore sia a livello col mercurio posto nel picciolo tubo ab. Egli è chiaro che la divisione, indicata dal nonio, misurerà la tensione del vapore che si è diffuso nello spazio AB per saturarlo, la quale è il complemento di quella del vapore preesistente nell'aria per giungere al suo massimo.

Per avere ora la tensione x dei vapori preesistenti nell'aria non si ha altro che a sottrarre la tensione trovata, dalla massima di cui a saturazione sarebbe capace lo spazio alla temperatura T. Infatti si chiami a la pressione attuale atmosferica indicata dal barometro in millimetri; egli è chiaro che $a-x$ esprimerà l'elasticità della sola aria in quello stato. La densità di quest'aria starà a quella dell'aria asciutta presa alla stessa temperatura T e alla pres-

sione media $P = 760$ millimetri, come la forza elastica $a - x$ sta a quella P dell'aria scevra di vapori. Talchè, notando con 1 la densità dell'ultima aria, quella dell'aria mescolata coi vapori si avrà dalla proporzione : $P : a - x :: 1 : \frac{a - x}{P}$.

L'aria mescolata coi vapori preesistenti introdotta nella capacità dello strumento si è saturata con nuovi vapori, ed ha in tal modo prodotto un aumento di tensione q. Perciò la tensione del miscuglio a saturazione è espressa da $a + q$, mentre quella dei soli vapori sarà p, e si ottiene dalle tavole o dall'equazione $p = \left(\frac{75 + T}{85,03}\right)^6$. L' elasticità della sola aria sparsa in quello spazio, dopo essere stato saturato di vapori, avrà l'espressione $a + q - p$, e la sua densità relativamente all'aria asciutta, presa alla stessa temperatura e sotto la media pressione P, viene data dalla proporzione $P : a + q - p :: 1 : \frac{a + q - p}{P}$.

L'ultima densità però sarebbe la vera nella supposizione che lo spazio in cui sta rinchiuso quel fluido rimanesse costante avanti e dopo la saturazione. Il che però non si verifica, perchè, coll'essere spinto il mercurio nel picciolo tubo dello strumento, si abbassa nel grande questo liquido che limita lo spazio, dove sta rinchiuso il miscuglio aeriforme. Chiamando r il rapporto dei diametri dei due tubi, l'abbassamento del mercurio in quello maggiore sarà espresso da rq. Se pertanto lo spazio avanti la saturazione aveva l'altezza m, questa diventerà poscia $m + rq$, e i volumi rispettivi staranno nel rapporto di $m : m + rq$; ossia, notando con 1 il volume avanti la saturazione, quello dopo la medesima risulterà $m + rq$. Dunque la densità sotto il volume 1 essendo espressa da $\frac{a + q - p}{P}$, quella corrispondente al volume $\frac{m + rq}{m}$ della stessa aria, istituendo la

debita proporzione, sarà espressa da $\frac{(a+q-p)m}{P(m+rq)}$.

Nei due casi adunque la stessa aria ha, avanti la saturazione, la densità $\frac{a-x}{P}$ e il volume m; e, dopo la saturazione, la densità $\frac{(a+q-p)m}{P(m+rq)}$ e il volume $m+rq$. Moltiplicando ora la densità pel rispettivo volume, si avranno due espressioni del peso della medesima aria rinchiusa nel nostro igrometro nelle due circostanze mentovate, e quindi l'equazione $\frac{(a-x)m}{P}=\frac{(a+q-p)(m+rq)m}{P(m+rq)}$, da cui si deduce $x=p-q$. Vale a dire, come si aveva annunziato, che la tensione dei vapori preesistenti nell'aria eguaglia la massima di cui lo spazio è capace alla temperatura attuale dell'atmosfera, e che si ha dalle tavole o dall'equazione riportata, meno quella dei vapori aggiunti ottenuta col nuovo strumento.

Sia, p. e., la temperatura T dell'aria, di cui si cerca lo stato d'umidità, di 20° centesimali, si avrà dalle tavole $p=19^{mm},450$, il che significa che a quella temperatura potrebbe contenere una quantità di vapori capaci d'equilibrare colla loro tensione una colonna di mercurio di millimetri 19,450. Se colla saturazione lo strumento abbia somministrato $q=3^{mm},5$, si avrà $x=15^{mm},950$.

Per farsi un'idea chiara dell'umidità assoluta e relativa, che abbiamo dichiarato di sopra, riesce vantaggioso di esprimere la tensione dei vapori acquei attuali in parte di quella che corrisponde al suo stato di saturazione alla temperatura data. Così nell'esempio addotto l'umidità relativa sarebbe $\frac{15,95}{19,45}=0,82$: vale a dire che l'aria in questo caso contiene circa $\frac{4}{5}$ dei vapori che può prendere a 20° centesimali. Giova qui il notare che la Società reale

di Londra nella tabella delle osservazioni meteorologiche dà appunto l'umidità relativa così valutata, desunta cioè dal quoziente che si ottiene dividendo la tensione del vapore contenuto nell'aria per quella che potrebbe contenere alla temperatura attuale. — Per avere poi l'umidità assoluta o la quantità dei vapori contenuta in un determinato spazio, p. e., in un metro cubico, ognuno sa che si valuta con una formola apposita, la quale si trova in quasi tutti i *Corsi di fisica*.

Data la descrizione del nuovo apparecchio igrometrico ed esposti i principj da cui dipende la sua costruzione, noi in altro scritto presenteremo alcuni risultati ottenuti col medesimo. E si è allora che ne faremo meglio conoscere l'uso, indicando le circostanze che potrebbero condurre a risultamenti erronei per evitarle, o tenerne conto per farvi le convenienti correzioni.